

Konstrukce vstřikovací formy v programu SOLID EDGE 18

Petr Kasálek

Bakalářská práce
2006

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr KASÁLEK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy v programu Solid Edge**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární řešení k dané problematice
2. Vymodelujte zadaný plastový díl
3. Navrhněte vstříkovací formu 3D
4. Popište postup návrhu sestavy a vypracujte zásady pro konstrukci v programu Solid Edge

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BOBČÍK, L. a kol.: **Formy pro zpracování plastů I. díl – vstřikování termoplastů**, Brno, UNIPLAST 1999
2. TOMIS, F. – HELFŠTÝN, J. – KAŇOVSKÝ, J.: **Formy a přípravky**, Brno, VUT, 1979, ISBN 55-635-79.
3. NATTI, S. R.: **Design Formulas for Plastics Engineers**. Hanser, Munich, 1991, ISBN 3-446-15687-9.
4. JOHN, P. B.: **Runner and gating design handbook : tools for successful injection molding**. Hanser Gardner Publications, Munich, 2004, ISBN 1-56990-347-6.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek

Ústav výrobního inženýrství

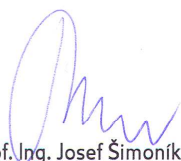
Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

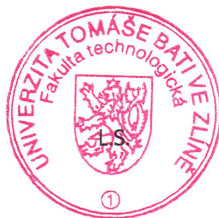
Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2006

Ve Zlíně dne 13. ledna 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá konstrukcí zadaného plastového dílce v programu Solid Edge 18. Shrnuje poznatky z oblasti vstřikování plastů a konstrukce forem. Po vymodelování plastového dílu byla navržena funkční forma. Byl popsán postup konstrukce v modulu Mold Tooling spolu se zásadami efektivního návrhu formy.

Klíčová slova: vstřikování, forma, modelování, Solid Edge.

ABSTRACT

Bachelor work deals with the construction of plastic part in program Solid Edge 18. Fundamental knowledge of injection molding technology and mold construction was summarized. A 3D model of the real given part was constructed in the program as well. A main part of the work was the description of the effective mold design procedure.

Keywords: injection molding, mold, modelling, Solid Edge.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat za odborné vedení, cenné rady a dobré připomínky při zpracování bakalářské práce mému vedoucímu Ing. Ondřejovi Bílkovi.

Za podporu děkuji i ostatním lidem, kteří mi při vypracování mé bakalářské práce nějakým způsobem pomohli.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 TEORIE VSTŘIKOVÁNÍ	10
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	10
1.1.1 Základní pojmy.....	10
1.2 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY.....	10
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	12
1.3.1 Technologické parametry ovlivňující vstřikování.....	13
1.4 DIAGRAM P-V-T.....	14
1.5 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	15
1.5.1 Vstřikovací jednotka.....	16
1.5.2 Uzavírací jednotka.....	17
1.5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	17
1.6 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	17
1.6.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci formy.....	18
1.6.2 Konstrukce formy.....	18
1.6.3 Vtokový systém.....	19
1.6.3.1 Obecné zásady řešení vtokových systémů.....	19
1.6.3.2 Vtokové ústí.....	21
1.7 POČÍTAČOVÉ PROGRAMY PRO KONSTRUKCI FOREM.....	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	24
2 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	25
3 POSTUP MODLOVÁNÍ DÍLCE	26
4 NÁVRH A POPIS KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	33
4.1 ZÁKLAD FORMOVÁNÍ.....	33
4.2 ZAFORMOVÁNÍ DÍLCE.....	34
4.3 VYTVOŘENÍ FORMY.....	36
4.4 VLOŽENÍ VEDENÍ.....	38
4.5 TOKOVÁ SOUSTAVA.....	40
4.6 SEŠROUBOVÁNÍ A VLOŽENÍ VYHAZOVAČŮ.....	45
4.7 CHLAZENÍ FORMY.....	48
ZÁVĚR	50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	56

SEZNAM PŘÍLOH.....	57
---------------------------	-----------

ÚVOD

Polymery čím dál více nahrazují klasické materiály jako jsou např.: kovy, sklo aj. Díky jejich odlišným vlastnostem je můžeme využít tam, kde byly řešeny materiálové problémy například již zmiňovaných kovů.

V teoretické části se budu věnovat vstřikování, jako jedné z nejfrekventovanějších a nejžádanějších technologií při zpracování plastů.

Princip vstřikování spočívá ve vstříknutí roztaveného polymeru do dutiny formy, kde zatuhne (eventuelně zesítuje) a dostává tvar požadovaného výrobku. Na tyto výrobky je kladena podmínka vysoké přesnosti, kterou docílíme dodržáním zpracovatelských parametrů v celém úseku vstřikovacího cyklu.

Plnění dutiny formy, což je nejdůležitějším úsekem celého vstřikovacího cyklu, závisí na tlaku uvnitř formy, vstřikovací rychlosti, teplotě taveniny, teplotě formy a reologických charakteristikách vstřikovaného materiálu.

Teoretické znalosti budou využity v praktické části mé bakalářské práce, kde se budu zabývat konstrukcí vstřikovací formy pomocí programu SOLID EDGE.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEORIE VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Vstřikování

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. [1]

Vstřikováním se označuje takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se plastikovaný materiál plní vysokou rychlostí (vstřikuje) do uzavřené dutiny formy, která je temperována. [3]

Je nesporné, že kvalita použitého plastu bude vždy důležitá a volba správného typu bude mít podstatný vliv na konečnou aplikaci. [1]

1.1.1 Základní pojmy

- plastikace – převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla
- vstřikovací síla – síla, která působí na plastikovaný materiál při vstřiku
- vstřikovací tlak – vstřikovací síla vztažená na plochu vstřikovacího pístu (trnu) nebo šneku
- vstřikovací tryska – zabezpečuje dočasné těsné spojení plastikační jednotky s formou
- teplota vstřikování – teplota vstřikovací trysky
- doba plnění – doba, po kterou se plní dutina formy
- dotlak – tlak, kterým se působí na materiál po zaplnění dutiny formy
- doba doplňování – doba, po kterou působí dotlak [3]

1.2 Vstřikované materiály

Výhodné vlastnosti a aplikační výhody předurčují plasty, aby se uplatnily v technologických konstrukcích převážně jako náhrada kovových materiálů. Plasty jsou

makromolekulární látky, které se dají formovat do požadovaného tvaru teplem nebo tlakem nebo oběma činiteli zároveň. [6]

Plasty se v praxi dělí zpravidla podle chování při zahřívání na 2 skupiny:

- Termoplasty, které působením tepla měknou až tají a ochlazením opět tuhnou. Jsou to podle struktury lineární nebo i rozvětvené polymery.
- Reaktoplasty (duroplasty, dříve také termosety), které působením tepla přecházejí chemickou reakcí nevratně do netavitelného a nerozpustného stavu. Jsou to tedy látky, které při zpracování přecházejí z relativně nízemolekulárního stavu v zesíťované makromolekulární struktury. [5]

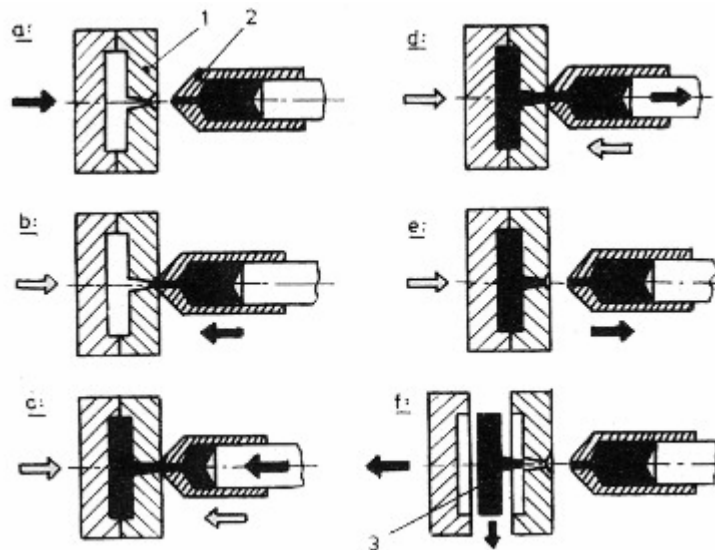
Tab. 1. Vlastnosti a využití plastů vhodných ke vstřikování [7]

Druh polymeru	Vlastnosti	Využití
PP	$E = 1100 - 1500$ MPa, křehký pod 0°C , výborné elektroizolační vlastnosti, dobrou chemickou odolnost	Trubky, folie, desky, předměty domácí potřeby s vyšší tuhostí tepelnou odolností, nárazníky ...
PE	Snadná zpracovatelnost, má velmi dobrou chemickou odolnost a elektroizolační vlastnosti	Dle druhu: folie, trubky, desky
PS	$E = 3200$ MPa, použitelný do 75°C , je tvrdý, ale značně křehký	Spotřební předměty, obaly, hračky, součást osvětlovacích těles
SAN	Tvrdý a pevný, je odolný vůči olejům, má sklon ke žloutnutí	Technické výrobky v automobilovém průmyslu (kryty polohových a brzdových světel)
ABS	$E = 2000$ MPa, odolný vůči chemikáliím, tvrdý, lesklý, povrch je možno pokovovat	Vhodný na venkovní použití, potrubí, nábytek, zavazadla

PMMA	E = 1400 MPa, sklovitě černý, velmi odolný proti povětrnosti	Desky, trubky, tyče, profily, části svítidel, kryty
POM	E = 2700-3200 MPa, mají nejvyšší odolnost proti oděru, je svařitelný a pokovovatelný	Technické dílce – ozubená kola, ložiska, tlakové nádoby
PBT	E = 2300 MPa, odolný vůči oděru, malá absorpce vody, rozměrová stabilita	Konstrukční technické díly – nárazníky, kalkulačky
PC	E = 2200-2450 MPa, dobrá rozměrová stabilita, dobré elektroizolační vlastnosti, odolné vůči UV	Konstrukční díly, folie, trubky, tyče, desky

1.3 Vstřikovací cyklus

Schematicky je vstřikovací cyklus znázorněn na obr.1



Obr. 1 Vstřikovací cyklus

1 – forma, 2 – vstřikovací jednotka, 3 – výstřik [4]

V první fázi a) se vstřikovací forma 1 uzavře. Vstřikovací jednotka 2 je ve výchozí poloze. V druhé fázi b) se přisune vstřikovací jednotka a dosedne na formu. V třetí fázi c) probíhá vstřikování. Bezprostředně po naplnění formy následuje tuhnutí materiálu ve formě, zpo-

částku pod tlakem (až do ztuhnutí ústí vtoku). Ve čtvrté fázi d) začíná postupné doplňování vstřikovací komory plastikovaným materiálem. Ve formě pokračuje tuhnutí, ale již bez tlaku. V páté fázi e) se odsune vstřikovací jednotka do výchozí polohy. V poslední fázi f) se vstřikovací forma otevře a vyprázdní. Vyhození výstřiku 3 uzavírá průběh vstřikovacího cyklu. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může znovu opakovat. [4]

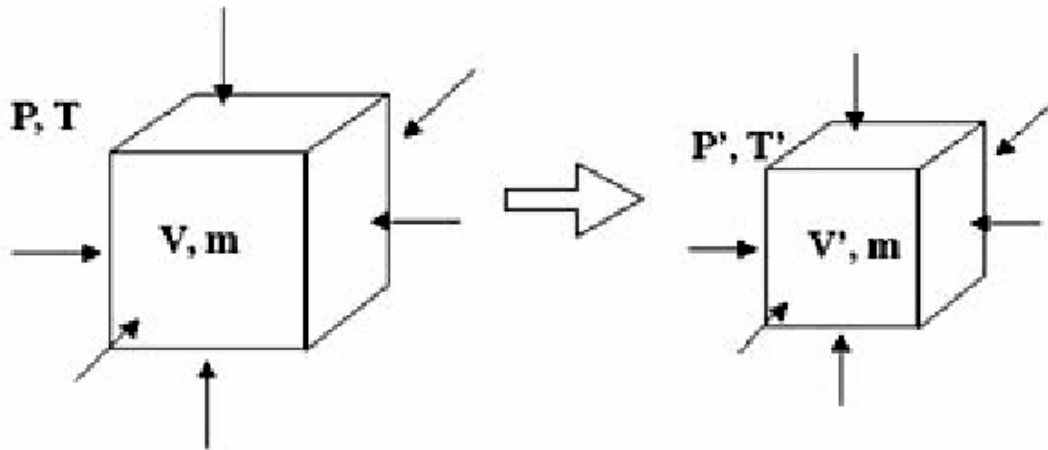
Před vstupem taveniny do formy se tato musí připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení zálisků, závitových jader apod. [1]

1.3.1 Technologické parametry ovlivňující vstřikování

- velikost dávky musí být zvolena tak, aby došlo k naplnění tvarových dutin formy i vtokového rozvodu a doplnění objemové změny, vyvolané ochlazením plastu a jeho zhuštěním způsobené dotlakem
- teplota taveniny se měří při výstupu ze vstřikovací trysky stroje. Její výše i rozsah je dán druhem plastu a je třeba zvolit její optimální velikost (správnou viskozitu). Nízká teplota zhoršuje zatékavost a vysoká může vést k degradaci materiálu a prodloužení vstřikovacího cyklu (ochlazení).
- velikost a doba působení vstřikovacího tlaku musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy taveninou. Jeho velikost je dána plastem i formou. Tlak je vyvinut průměrem šneku, který působí jako píst, ovládaný hydraulickým obvodem stroje.
- vstřikovací rychlost je ovlivněna vstřikovacím tlakem a časem. Musí být taková, aby byla dutina formy naplněna a přitom nedošlo k předčasnému zchlazení taveniny. Závisí na její viskozitě a odporech ve formě, především ve vtokové soustavě.
- otáčky šneku a jeho zpětný odpor ovlivňují plastikační výkon a rychlost plastikace. Zpětný odpor šneku zase homogenitu materiálu a plastikační účinnost šneku.
- chladicí čas je doba, po kterou je tavenina v dutině formy ochlazována bez působení vstřikovacího tlaku. Závisí na teplotě zpracovávaného plastu, tloušťce stěny výstřiku, temperaci nástroje apod. Podstatně ovlivňuje celkovou dobu vstřikovacího cyklu. [1]

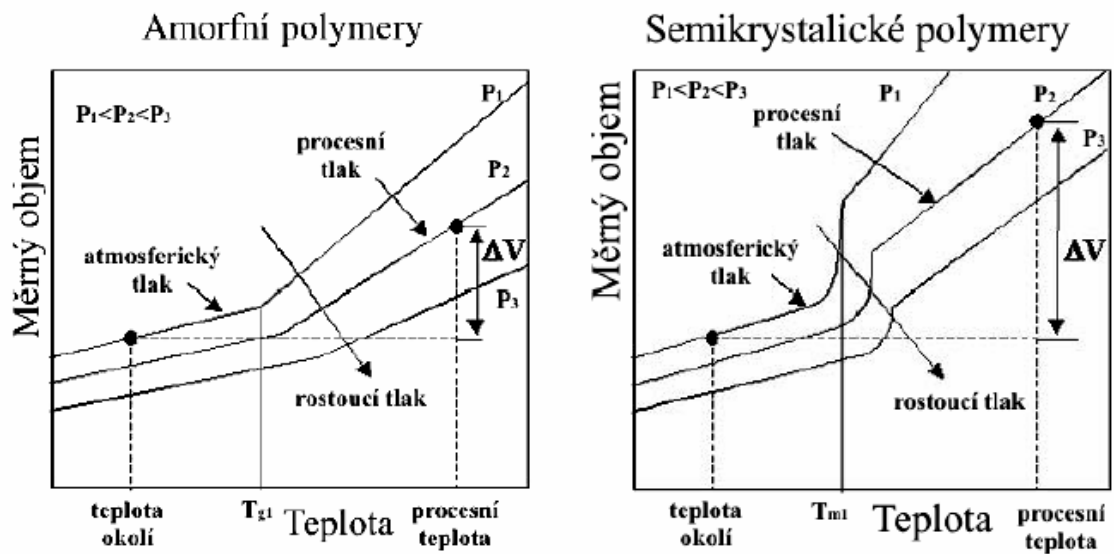
1.4 Diagram p-v-t

PVT diagramy popisují změnu měrného objemu s teplotou a tlakem.



Obr. 2 Stavová změna systému PVT [2]

Měrný objem je definovaný jako objem vztažený na jednotku hmotnosti. Podle obr. 2 se tlak a teplota změní z tlaku P teploty T na P' a T'. Systém o stejné hmotnosti m změní objem z V na V'. PVT data se získávají měřením na standardizovaném zařízení. Vzorek je ohříván v uzavřené komoře. Je měřena změna objemu vzorku, vystaveného řadě tlaků. PVT chování materiálu hraje důležitou roli v souvislosti s výrobou a konečným tvarem výrobku.



Obr. 3 Závislost měrného objemu na teplotě a tlaku pro amorfnní a semikrystalické polymery [2]

Změna objemu vstřikovaného dílce, měřeného při procesní teplotě a teplotě okolí, může představovat až 20% změnu. Semikrystalické polymery mají vyšší smrštění než amorfni v důsledku uspořádání a skládání řetězců pod bodem zatuhnutí. To vede k větším rozdílům ve specifickém objemu ΔV mezi fází taveniny a tuhé fáze semikrystalických materiálů. Přítomnost plniva (jako třeba krátkých skleněných vláken) snižuje rozdíl ve specifickém objemu ΔV mezi fází taveniny a solidu.

Obrázek 3 popisuje objem V jako funkci teploty T pro dva typy polymerů. Pro amorfni polymer je strmota křivky vyšší nad teplotu skelného přechodu T_g . Větší smrštění nastává nad teplotou T_g . U semikrystalických polymerů nastává skok v měrném objemu v bodu tání. Tento velký pokles měrného objemu představuje daleko větší smrštění než u polymerů amorfni. U semikrystalických polymerů nastává ještě další změna strmosti křivky specifického objemu a to pod bodem tání.

Měrný objem je také ovlivněn tlakem; rozdílné tlakové podmínky způsobují posuv křivky T - V . Křivka měrného objemu klesá dolů s rostoucím tlakem. Horní křivka je závislostí při atmosférickém tlaku. Teplota skelného přechodu s rostoucím tlakem mírně roste.

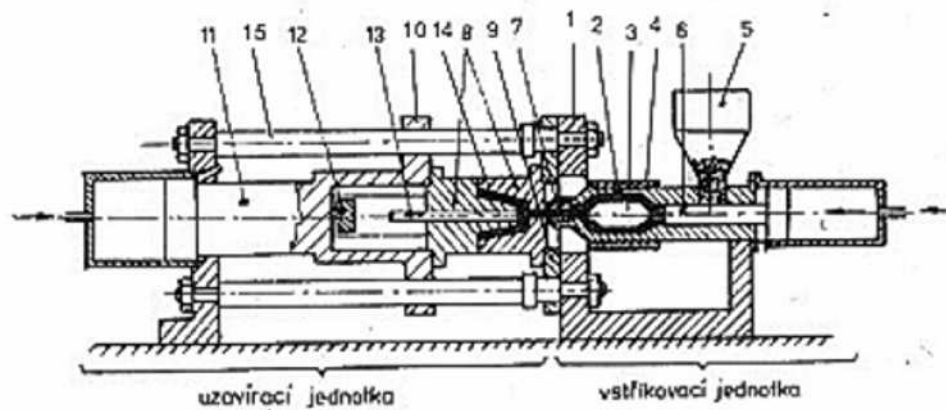
PVT diagramy pro plněné polymery vykazují snížení měrného objemu než u neplněných materiálů. Plnivo zvyšuje hustotu. Plniva také posouvají křivky T - V dolů a snižují strmota. Toto vyrovnání křivky T - V má za následek snížení celkového smrštění součásti. Nicméně pokud jsou použita vlákna jako plnivo, výsledné vlastnosti jsou nepříznivé vzhledem ke zvýšení anizotropie. [2]

1.5 Vstřikovací stroj

Na vstřikovacích strojích lze zpracovat plasty i kaučukové směsi. [4]

V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou viz. Obr.4. [1]

Podle druhu zpracovávaného materiálu můžeme rozlišit tři základní typy vstřikovacích strojů: na termoplasty, reaktoplasty a kaučukové směsi. Jejich celkové konstrukční uspořádání se však v podstatě neliší. [4]



Obr. 4 Vstřikovací stroj [4]

1 – rám stroje, 2 – tavící komora, 3 – torpédo, 4 – topení, 5 – násypka, 6 - vstřikovací píst, 7 – vstřikovací tryska, 8 – vstřikovací forma, 9 – upínací desky, 10 – vedení, 11 – hydraulický píst, 12 – doraz vyhazovače, 13 – vyhazovač, 14 – výstřík, 15 – nosný sloup

Konstrukce vstřikovacího stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky
- uzavírací jednotky
- ovládání a řízení stroje [1]

1.5.1 Vstřikovací jednotka

V současné době se používají vstřikovací jednotky různých konstrukcí, které mají zajistit nejen dostatečně velký vstřikovací tlak, ale také přiměřenou plastikační kapacitu. [4]

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně ho odtlačuje do zadní polohy. [1]

1.5.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině.

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používaná u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. [1]

1.5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiku. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. [1]

1.6 Vstřikovací forma

Vstřikovací formy se řeší vždy s ohledem na technologický projekt příslušného výstřiku. Při řešení třeba vzít v úvahu především druh vstřikovaného materiálu a velikost výrobní série. Dále je třeba přihlídnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na kvalitu výrobků i produktivity práce. V závislosti na velikosti série se posuzuje stupeň mechanizace forem.[4]

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních vlastností.

Její dobrá kvalita plní požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu.
- společensko-estetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [1]

1.6.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci formy

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná. [1]



Obr. 5 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy [1]

1.6.2 Konstrukce formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem

na propadliny. Nezanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny.

- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění vtoků a vyhazování z dutiny formy.
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoků.
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
- navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [1]

1.6.3 Vtokový systém

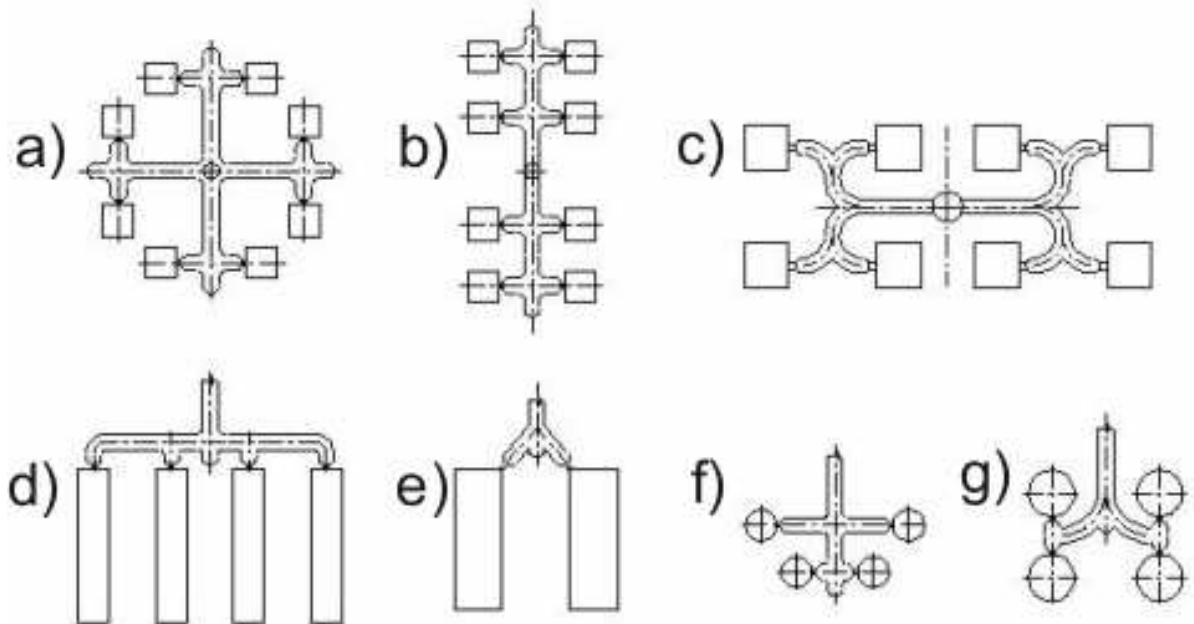
Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [1]

1.6.3.1 Obecné zásady řešení vtokových systémů

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoků do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kva-

litnímu spojení. Je proto účelné naplnit dutiny jedním vtokem, aby tím vznikalo co nejméně studených spojů. [1]

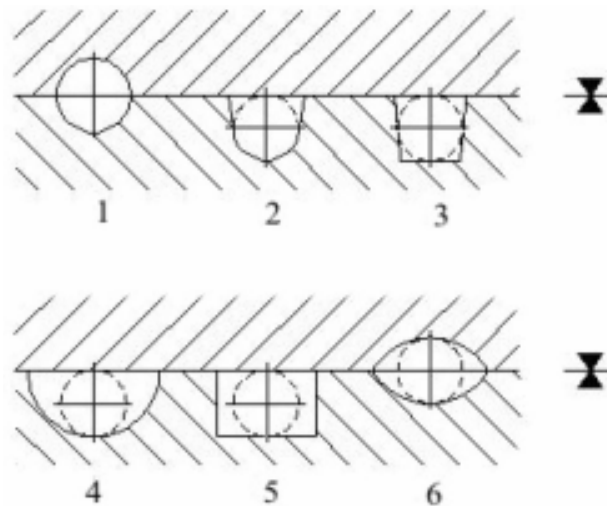


Obr. 6 Obecné zásady volby vtokového systému [1]

a, c, e, f, g – vhodné řešení

b, d – nutná korekce vtokových ústí

- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Přitom však je třeba přihlížet ke spotřebě plastu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový. [1]



Obr. 7 Průřezy vtokových kanálů [1]

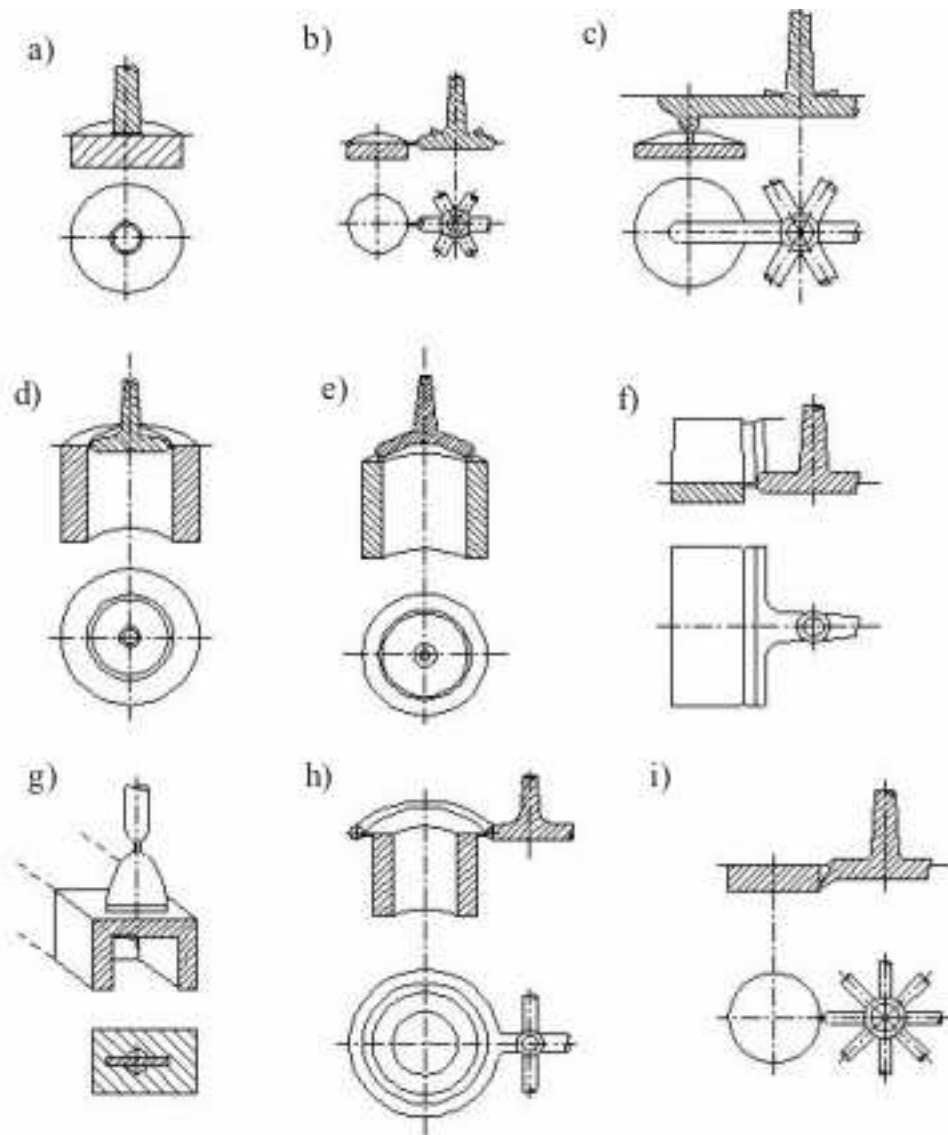
1,6 – výrobně nevýhodné

2, 3, 4, 5 – výrobně výhodné

1.6.3.2 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiálu formy. [1]



Obr. 8 Základní typy vtokových ústí [1]

a) plný kuželový, b) standardní boční (normálový), c) bodový, d) kotoučový (talířový), e) deštníkový, f) štěrbinový (filmový), g) mečový, h) kruhový (prstencový), i) tunelový

1.7 Počítačové programy pro konstrukci forem

Pro konstrukci forem máme na výběr z několika programů, které se liší svou složitostí a hlavně dostupností, protože náklady na jejich licence jsou v řádu stovek tisíců.

Můžeme například využít programu CATIA (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application), který je dílem francouzské firmy Dassault Systemes. Je to kompaktní program, jež umožňuje celou řadu možností konstrukcí, simulací, analýz aj.. Jeho největší využití je v oblasti automobilového, leteckého a strojího průmyslu. Další možností je software Autodesk INVENTOR od kalifornské firmy Autodesk. I zde můžeme modelovat a navrhovat například potrubní systémy nebo elektronická zařízení, ale pro svou bakalářskou práci jsem volil program SOLID EDGE, pro jeho jednoduchou a v oblasti konstrukce forem dobře využitelnou nástavbu Solid Edge Mold Tooling.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

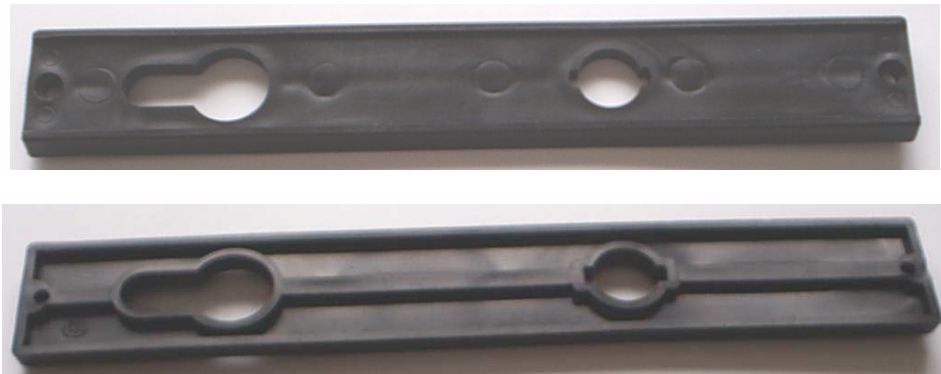
Na základě teoretické části se v části praktické budu věnovat následujícím bodům:

- Vymodelování zadaného plastového dílu
- Návrhu vstřikovací formy ve 3D
- Popisu návrhu sestavy a vypracování zásad pro konstrukci v programu SOLID EDGE

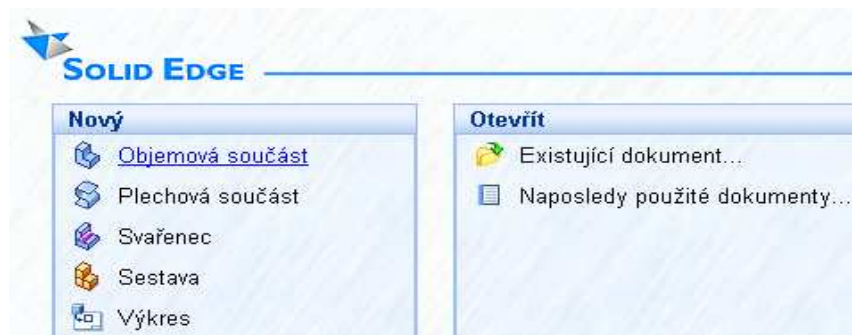
Pomocí rozměrů, odměřených přímo ze zadaného dílce, v praktické části vymodeluji a názorně popíši celý modelační proces dílce. Ve druhé části pak pomocí tohoto dílce navrhnu vstřikovací formu. Celý postup bude názorně popsán pomocí vložených obrázků.

3 POSTUP MODLOVÁNÍ DÍLCE

Pro modelování v programu Solid Edge mi byl zadán níže přiložený plastový kryt na zámek dveří. Všechny míry jsou odměřeny přímo ze zadaného plastového dílce (viz. Obr. 9). Výkresová dokumentace s rozměry je uvedena v příloze PI.



Obr. 9 Fotka dílce

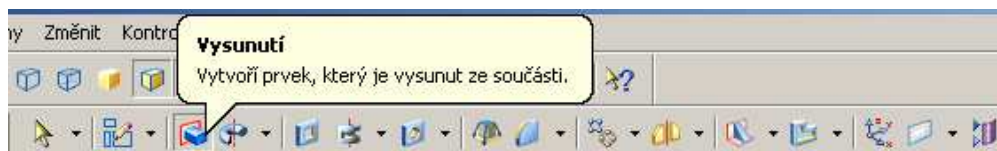


Obr. 10 Možnosti konstrukce

Po otevření programu si zvolíme z nabídky daných možností (viz. Obr. 10).

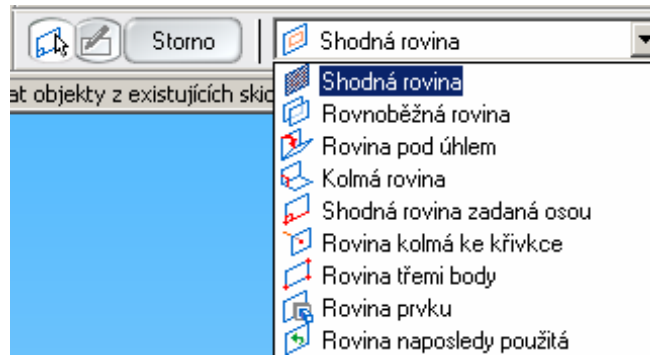
Program pracuje ve dvou rovinách a) modelovací, b) kreslicí.

Otevře se nám pracovní plocha a pokračujeme následovně:



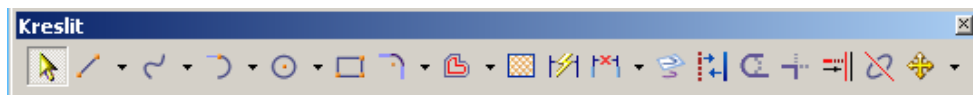
Obr. 11 Základní panel nástrojů pro modelování

Zvolíme ikonu vysunutí, která nás přepne do kreslení a zeptá se, v jaké rovině (viz Obr. 12) má vytvořit skicu (náčrt profilu dílce).

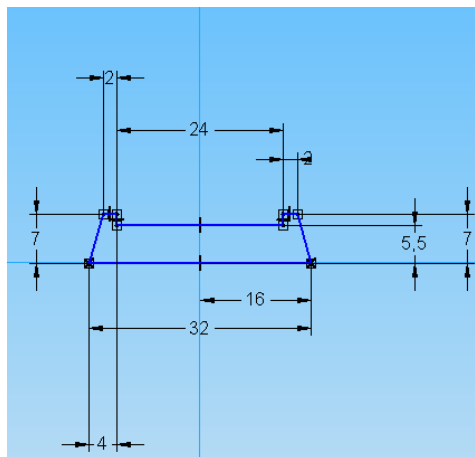


Obr. 12 Možnosti rovin

Klikneme v osovém kříži na rovinu, ve které nakreslíme a zakótujeme profil zadaného dílce (viz. Obr.14). Program nám nabízí obdobnou nabídku příkazů jako například programy typu AutoCad nebo Inventor (viz. Obr. 13).



Obr. 13 Základní panel nástrojů pro kreslení



Obr. 14 Zakótovaná skica

Po nakreslení a zakótování profilu dílce se zpět do roviny modelování přepneme pomocí příkazu návrat (viz. Obr. 15)



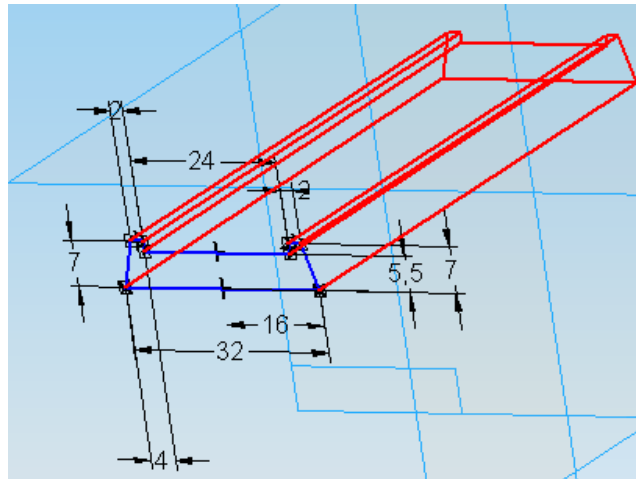
Obr. 15 Návrat do modelování

Nyní máme v rovině modelování několik možností jak vysunout daný profil. Možnosti nám udává lišta vysunutí, na které si zvolíme požadované parametry (viz. Obr. 16).



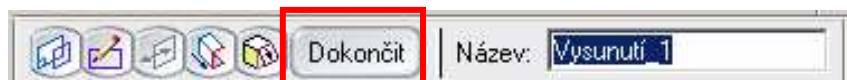
Obr. 16 Lišta vysunutí

Na pracovní ploše pak je nezbytné kliknout na stranu vysunutí (viz. Obr. 17)



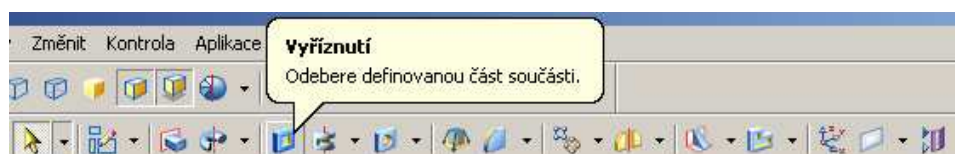
Obr. 17 Strana vysunutí

Nyní můžeme vysunutí nějak přejmenovat a klikneme na položku dokončit (viz. Obr. 18)



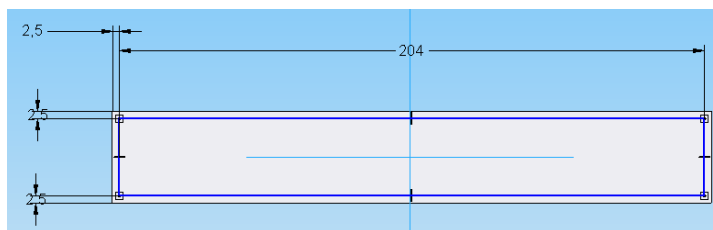
Obr. 18 Dokončení vysunutí

V dalším kroku zvolíme ikonu vyříznutí, která nám odebere definovanou část součásti (viz. Obr. 19)



Obr. 19 Základní panel nástrojů pro modelování

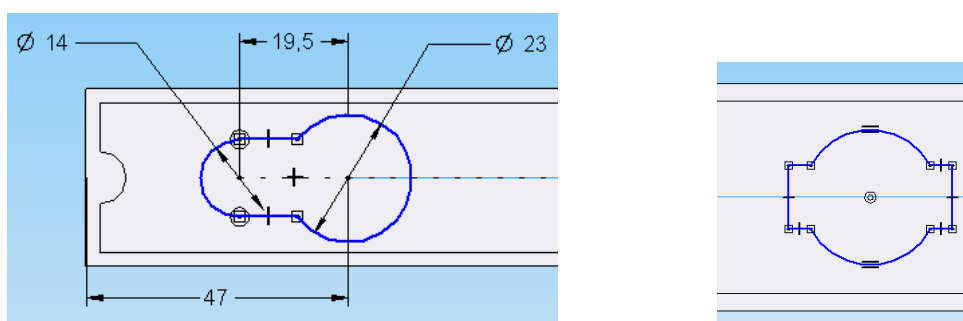
Opět zvolíme rovinu, ve které chceme vyříznutí provést a nakreslíme v ní skicu (viz. Obr. 20)



Obr. 20 Skica vyříznutí

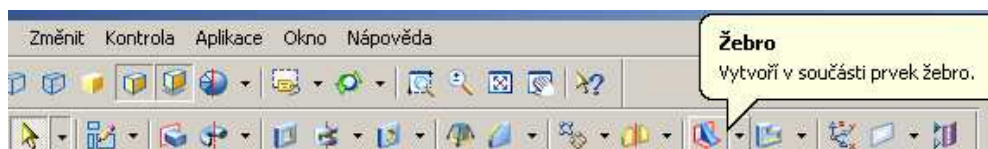
Dále postupujeme obdobně jako při vysunování.

Na spodní straně dílce máme vysunutí a žebra, takže opět zvolíme ikonu vysunutí, dále pak rovinu a nakreslíme profil (viz. Obr. 21)



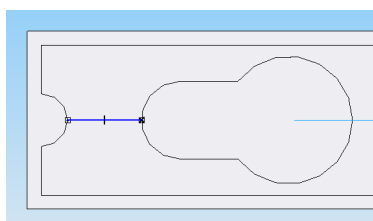
Obr. 21 Skici vysunutí

Pro vytvoření žebra zvolíme z modelovací lišty příkaz žebro (viz. Obr. 22)



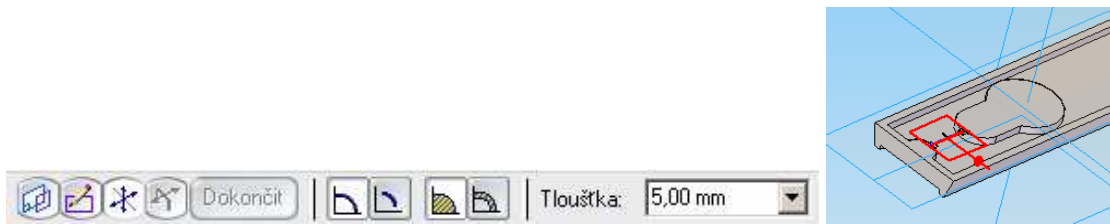
Obr. 22 Základní panel nástrojů pro modelování

Při modelování žebra nekreslíme do skici šířku žebra, ale pouze čáru, která nám definuje budoucí tvar (viz. Obr. 23).



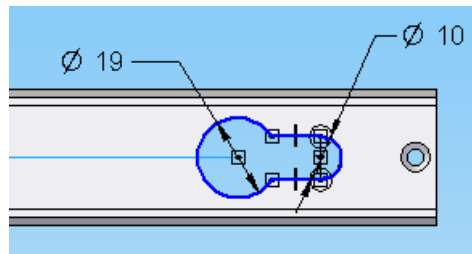
Obr. 23 Skica žebra

Další parametry, jako je např. směr nebo šířka vysunutí totiž volíme až v rovině modelování (viz. Obr. 24)



Obr. 24 Parametry vysunutí

Skrz dílec jsou dvě vyříznutí, postup je opět stejný, ale máme jej značně zjednodušený tím, že program prosvěcuje skici, takže se nám zobrazí skica vysunutí z druhé strany dílce a následné kótování nám nezabere tolik času, jelikož lze při kreslení uchopovat prosvícenou skicu (viz. Obr. 25).



Obr. 25 Zjednodušená skica

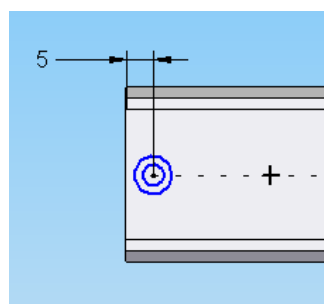
Stejným způsobem provedeme i druhé vyříznutí.

Na okraji dílce jsou dvě díry, které vytvoříme pomocí příkazu díra na modelovací liště (viz. Obr. 26)



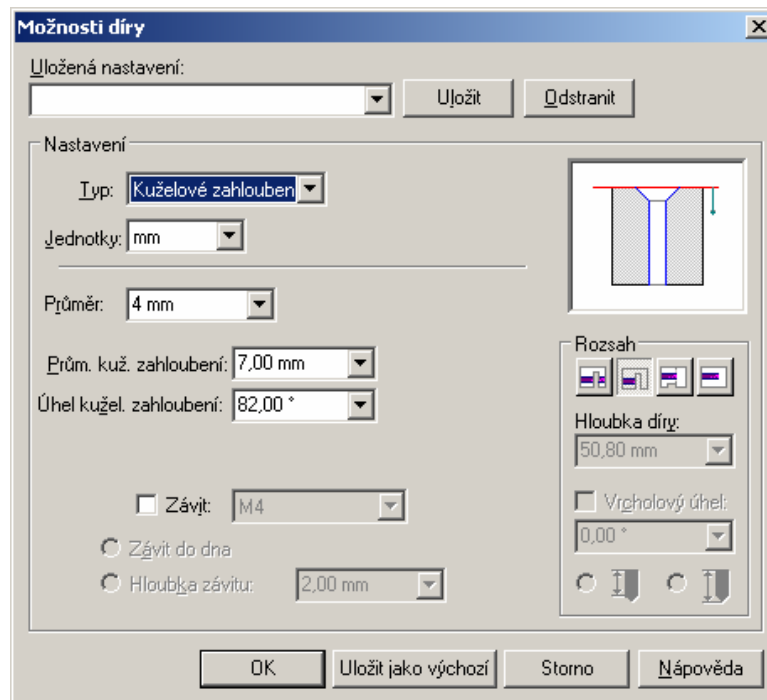
Obr. 26 Základní panel nástrojů pro modelování

Do skici nakreslíme pouze umístění děr (viz. Obr. 27)



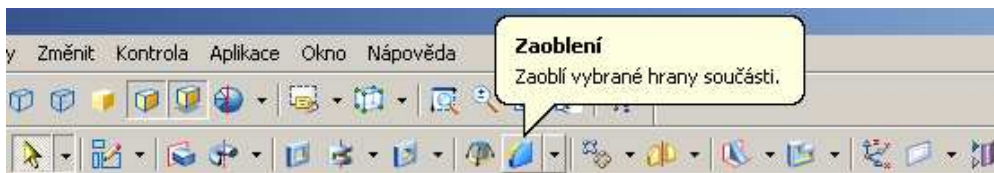
Obr. 27 Skica pro díru

Další parametry jako je průměr nebo hloubka díry si opět nastavíme až v rovině modelování v záložce možnosti díry (viz. Obr. 28)



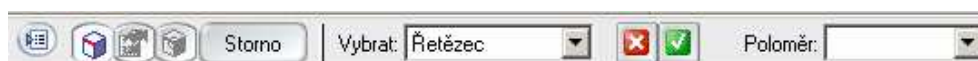
Obr. 28 Možnosti díry

Posledním krokem je zaoblení (viz. Obr. 29)



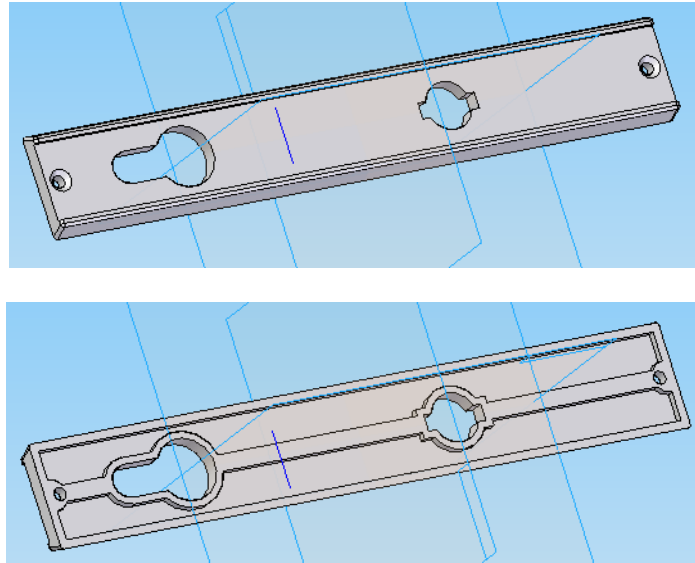
Obr. 29 Základní panel nástrojů pro modelování

Po kliknutí se nám zobrazí lišta s parametry, ve které postupně zadáme hrany, které chceme zaoblit a následně jakým poloměrem (viz. Obr. 30)



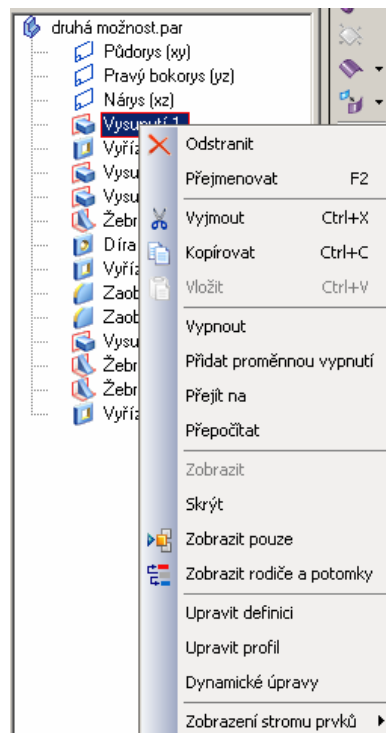
Obr. 30 Parametry zaoblení

Konečná podoba dílce je následující (viz. Obr. 31):



Obr. 31 Konečná podoba dílce

V programu jsou i další možnosti úpravy dílce jako např.: vysunutí nebo vyříznutí rotací, zkosení hrany, vytvoření kruhového nebo obdélníkového pole, zrcadlení a jiné. Veškeré zásahy do dílce, ať už vysunutí nebo cokoli jiného se vypisují na levé straně pracovní plochy v takzvaném stromu. Po kliknutí pravím tlačítkem na některou možnost, se zobrazí okno s nabídkou, co lze s daným prvkem změnit (viz. Obr. 32)



Obr. 32 Editace prvků

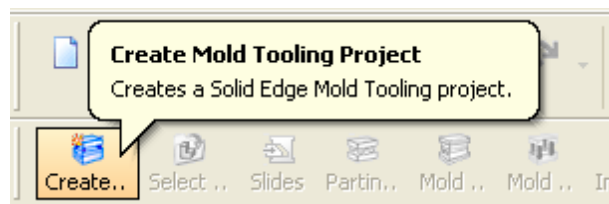
4 NÁVRH A POPIS KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

4.1 Základ formování



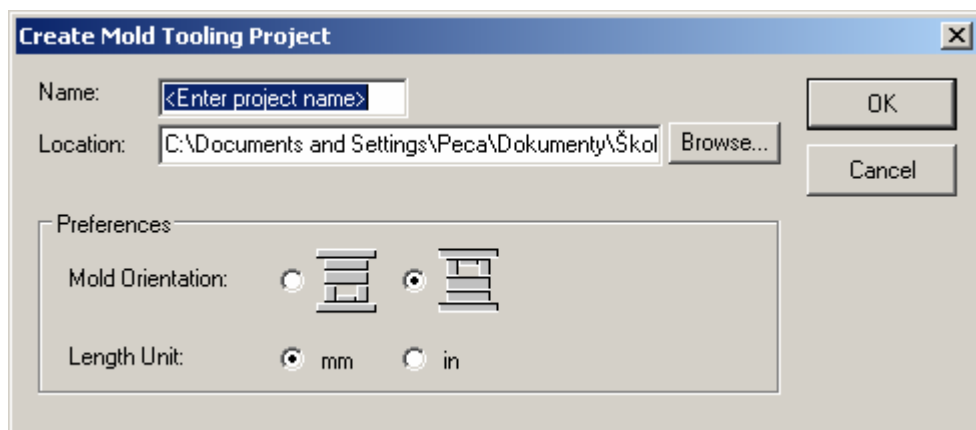
Obr. 33 Možnosti konstrukce

Abychom mohly vytvořit formu, musíme se přepnout do modulu sestavy (viz. Obr. 33)



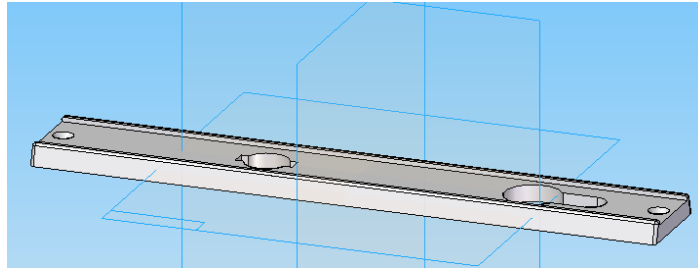
Obr. 34 Panel nástroj Mold tooling

Po kliknutí na ikonu Create Mold Tooling Project (vytvoř projekt formy) (viz. Obr. 34), je nutné zvolit vstříkovanou součást, ve formátu Solid Edge – PAR.



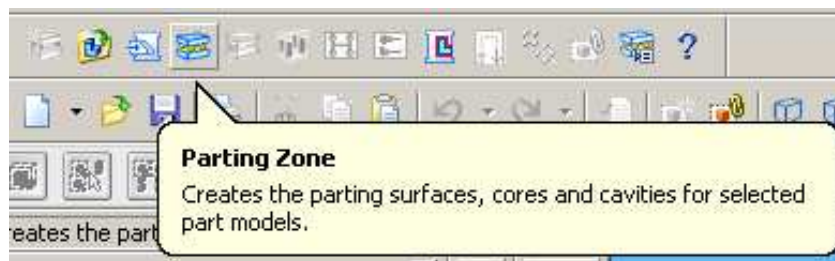
Obr. 35 Dialog pro název a vytvoření

Dialog (Obr. 355) nabízí možnosti na zaformování součásti. Vybírám možnost druhou, kdy vyhazovače jsou na levé straně formy vzhledem k výstřiku a dále pak jednotku - mm.



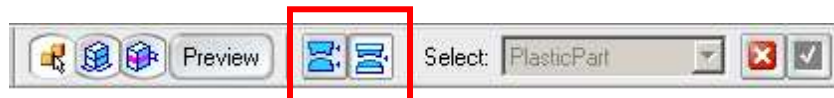
Obr. 36 Pracovní okno po vložení součásti pro vstřikování

4.2 Zaformování dílce



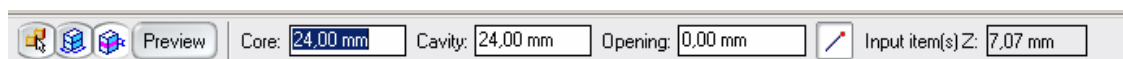
Obr. 37 Panel nástrojů Mold Tooling

Zvolíme ikonu Parting Zone, která nám po zvolení dílce nabídne několik možností zaformování (viz. Obr. 37)



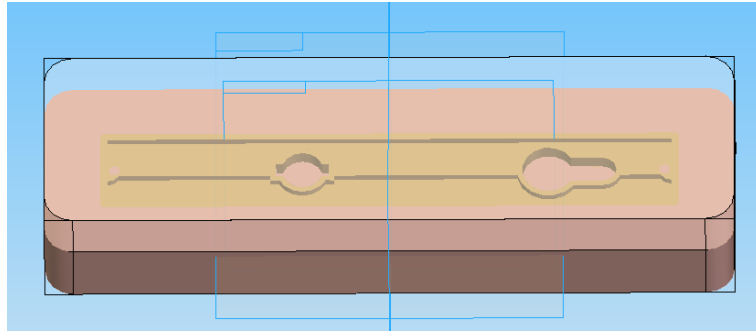
Obr. 38 Možnosti zaformování

Zvolená druhá možnost značí, že budeme konstruovat formu s tvarovými vložkami. Kdybychom zvolili první položku, došlo by k zaformování dílce přímo do tvarových desek. Pomocí funkcí na levé straně pracovní lišty si můžeme určit, ve které části dílce bude dělicí rovina (viz. Obr. 38)



Obr. 39 Možnosti dělicí roviny

Po kliknutí na zvýrazněnou ikonu (viz. Obr. 39), si můžeme na dílci vybrat bod, kterým bude dělicí rovina procházet.

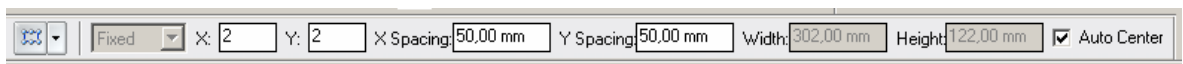


Obr. 40 Dílec ve tvarových vložkách



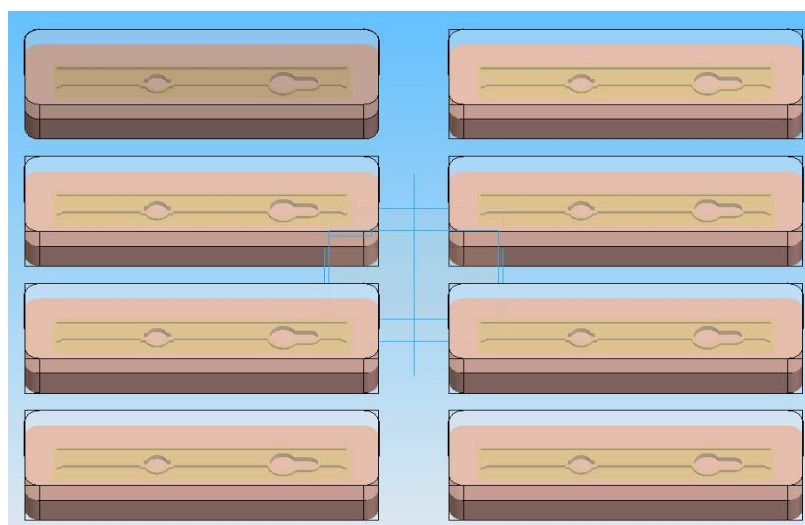
Obr. 41 Panel nástrojů Mold tooling

Ikona Mold Tooling Patern nám umožňuje vytvoření kruhového nebo obdélníkového pole z vytvořených tvarových vložek (viz. Obr. 41)



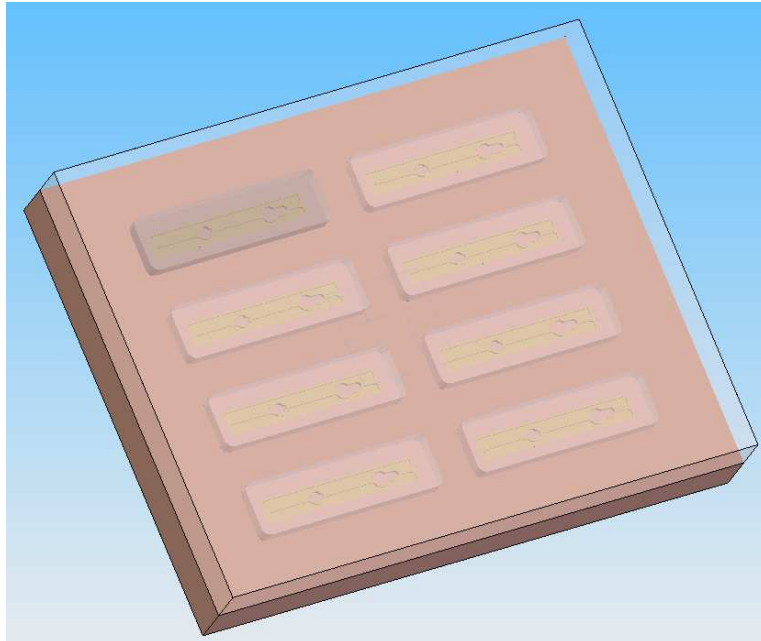
Obr. 42 Možnosti pole

Zde si můžeme v jednotlivých osách zvolit kolik jim bude náležet prvků a jakou mezi sebou budou mít vzdálenost (viz. Obr. 42). Pro náš případ jsem volil 2 v ose x a 4 v ose y. Vzdálenost mezi nimi jsem ponechal stejnou.



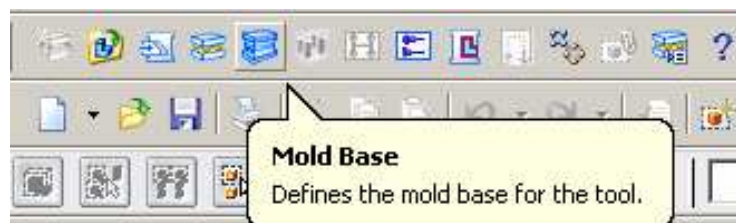
Obr. 43 Dokončené pole

Opět volíme položku Parting Zone (viz. Obr. 37), abychom vložili tvarové vložky do tvarových desek. V okně (viz. Obr. 38) nám je přímo nabídnuta možnost pro označení všech tvarových vložek a vytvoření tvarových desek, pouze zvolíme a potvrdíme.



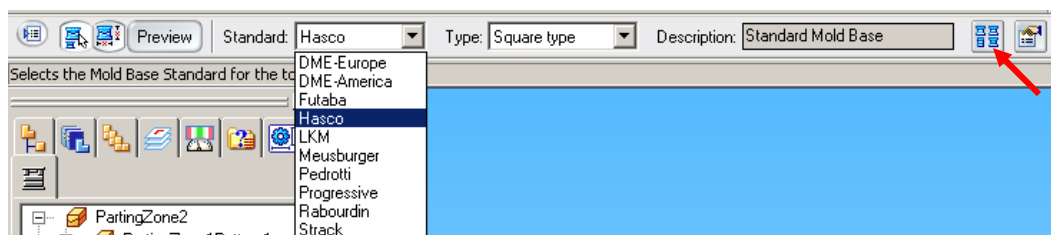
Obr. 44 Vložky ve tvarových deskách

4.3 Vytvoření formy



Obr. 45 Panel nástrojů Mold Tooling

V dalším kroku vytvoříme pomocí příkazu Mold Base (viz. Obr. 45) veškeré zbývající desky celé formy.

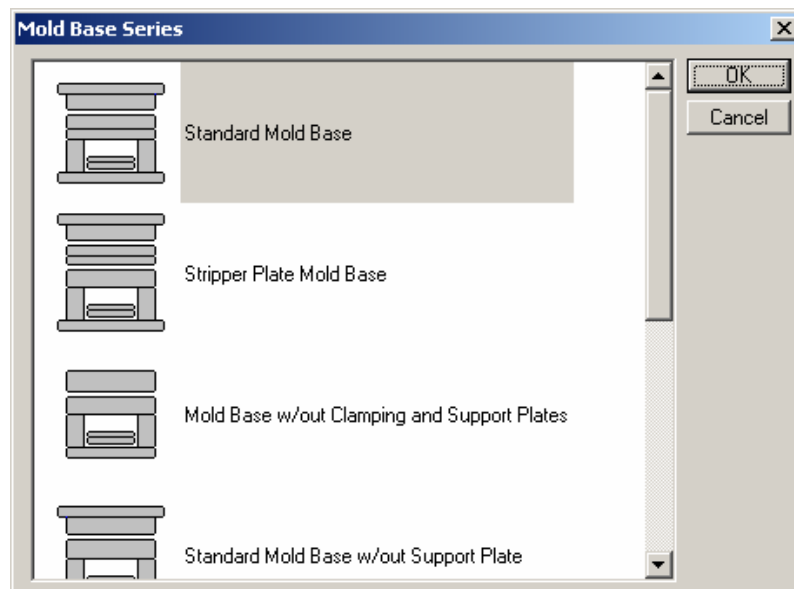


Obr. 46 Možnosti norem

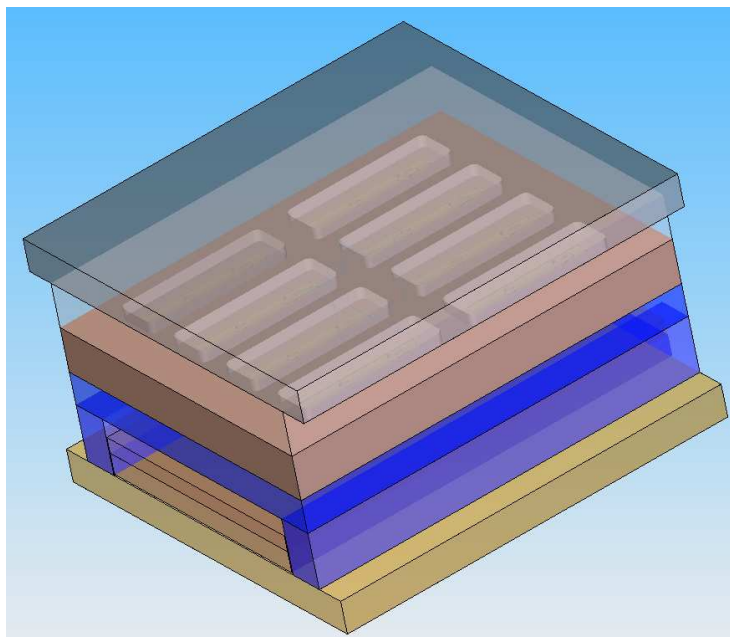
Program nám nabízí využití několika databází (viz. Obr. 46). V našem případě jsem volil databázi HASCO. Po kliknutí na vyznačenou ikonu si navíc můžeme vybrat jaký typ formy chceme (viz. Obr. 47).

Tab. 2. Nabídka sestavy desek forem

Anglický název série desek formy	Český ekvivalent
Standard Mold Base	Základní sestava desek
Stripper Plate Mold Base	Forma se stírací deskou
Mold Base w/out Clamping and Support Plates	Forma s/bez upínací a opěrné desky (mezidesky)
Standard Mold Base w/out Support Plate	Základní sestava desek s/bez opěrné desky (mezidesky)
Hot-Runner Mold Base	Základní sestava desek s horkým vtokem
Hot-Runner Mold Base w/out Support Plate	Základní sestava desek s horkým vtokem s/bez opěrné desky (mezidesky)



Obr. 47 Druhy forem



Obr. 48 Sestavená forma bez základních komponentů formy

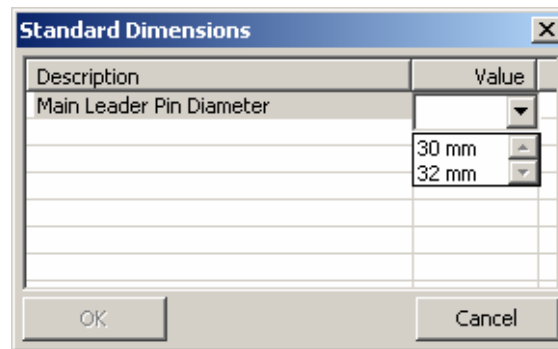
4.4 Vložení vedení

Pro vytvoření vedení použijeme příkaz Mold Base Components (viz. Obr. 49), který vytvoří nejen vedení, ale i sešroubování celé formy.

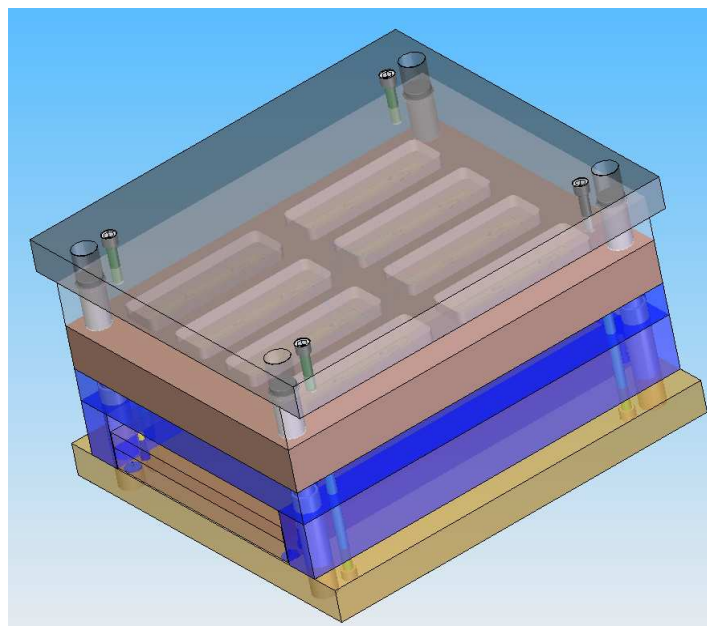


Obr. 49 Panel nástrojů Mold Tooling

Objeví se nám dialogové okno, ve kterém zvolíme průměr vedení (viz. Obr. 50). Nástavba nám přímo nabízí nejvhodnější řešení.

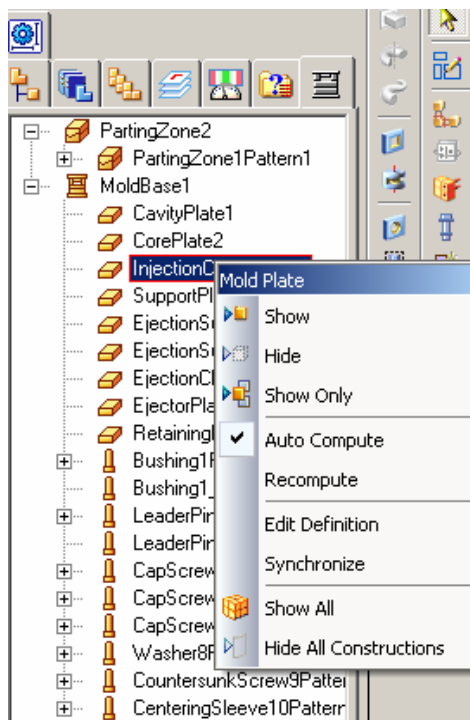


Obr. 50 Výběr rozměru vodících čepů



Obr. 51 Forma po vložení vedení

Kvůli snadnějšímu kreslení skic si můžeme jednotlivé části formy skrýt a pak opět zobrazit díky příkazům Hide (skrýt) a Show (zobrazit). Příkazy vyvoláme stisknutím pravého tlačítka na jednotlivých složkách ve stromu již provedených operací (viz. Obr. 52).

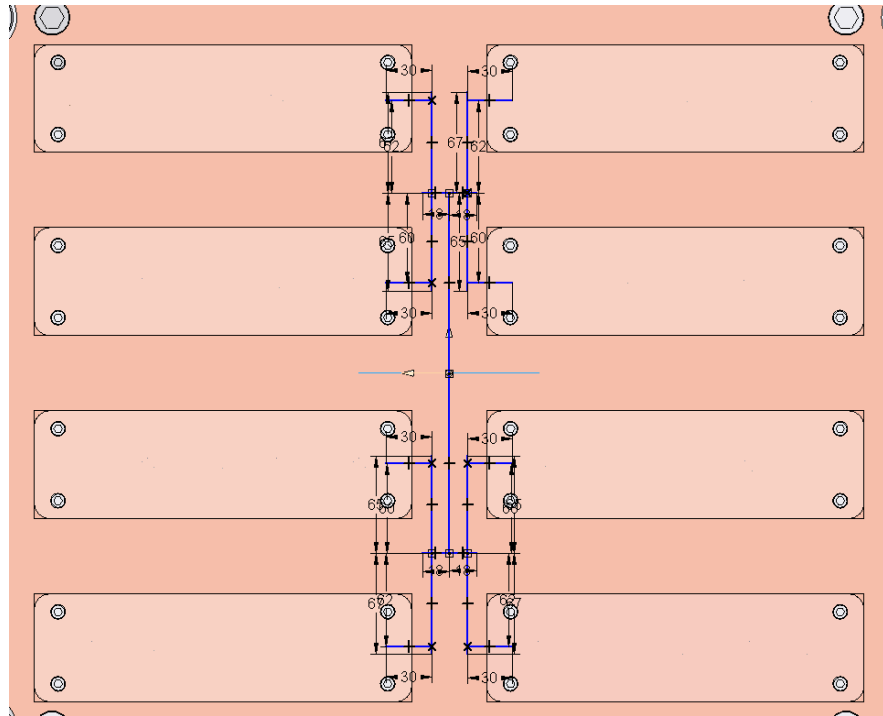


Obr. 52 Možnosti složek

Při přejíždění kurzoru nad jednotlivými částmi formy se nám v pracovním okně jednotlivé části prosvěćují.

4.5 Toková soustava

Abychom do sestavy mohli vložit kanálky pro rozvod taveniny, musíme vytvořit skicu mezi tvarovými deskami (viz. Obr. 53). Kanálky kreslíme dle platných norem, aby tečení plastu bylo co neoptimálnější. Potvrdíme skicu a vrátíme se zpět do modelování, kde z hlavní lišty poklepem vyvoláme příkaz Injection Channels (vstřikovací kanálky) (viz. Obr. 54)



Obr. 53 Skica pro rozvod tekutého plastu

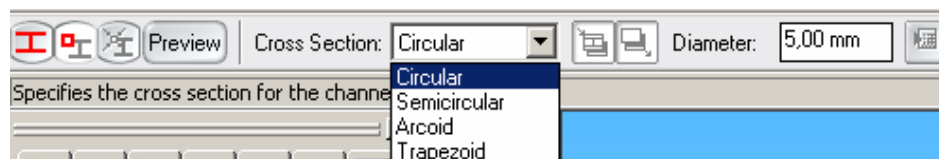


Obr. 54 Panel nástrojů Mold Tooling

Dostáváme přímo na výběr vytvoření tokových cest taveniny dle skici (viz. Obr. 55). Po překliknutí na vyznačenou ikonu si můžeme zvolit požadovaný tvar a rozměry tokových cest (viz. Obr. 56)

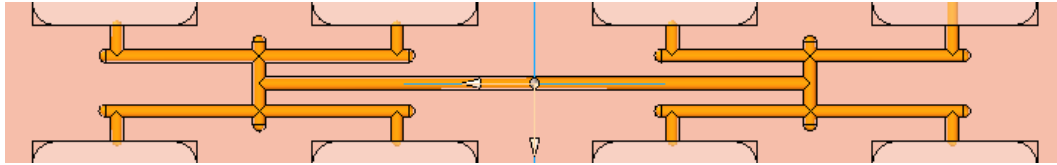


Obr. 55 Možnosti tokových kanálků



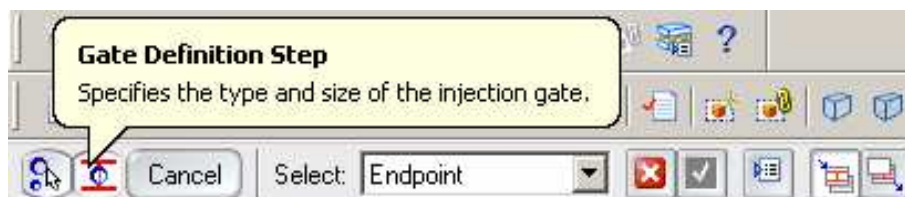
Obr. 56 Možnosti tokových kanálků

Na Obr. 57 můžeme vidět dokončené tokové cesty.

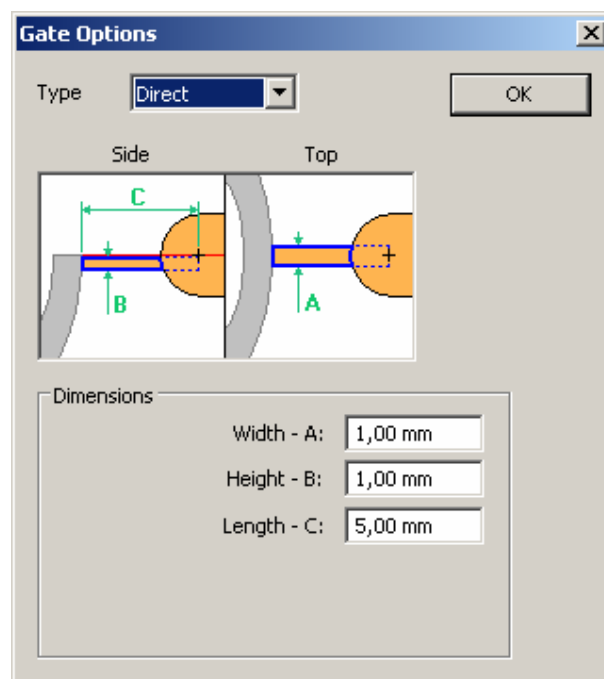


Obr. 57 Tokové cesty

Když si ve stromu rozklikneme Injection (vstřikování) a zvolíme položku Create/Edit Injection Gates (vytvoření/oprava zaústění vtoku), objeví se příkazový řádek (viz. Obr. 58), ve kterém si můžeme nadefinovat jak možnost zaústění vtoku (viz. Obr. 59), tak i do které části, jestli do pevné nebo do pohyblivé se má vytvořit.



Obr. 58 Lišta s nástroji pro definování zaústění vtoku



Obr. 59 Možnosti zaústění vtoku

Další možností je rozkliknutí Create/Edit Injection ColdWells (vytvoření/oprava vstřikování se studeným vtokem), kde si můžeme nadefinovat obdobným způsobem přidržovače nebo vyhazovače vtoku.

V dalších fázích konstrukce budeme využívat příkazu Place Mold Components (vlození normalizovaných dílů) (viz. Obr. 60).

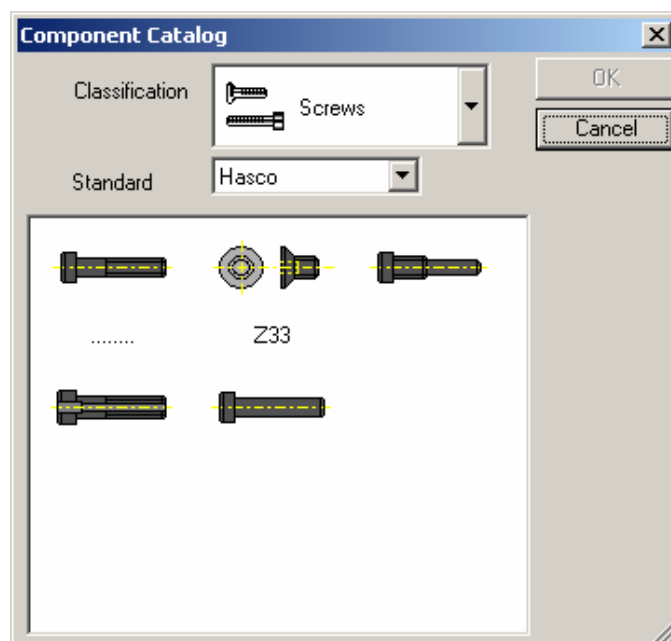


Obr. 60 Panel nástrojů Mold Tooling



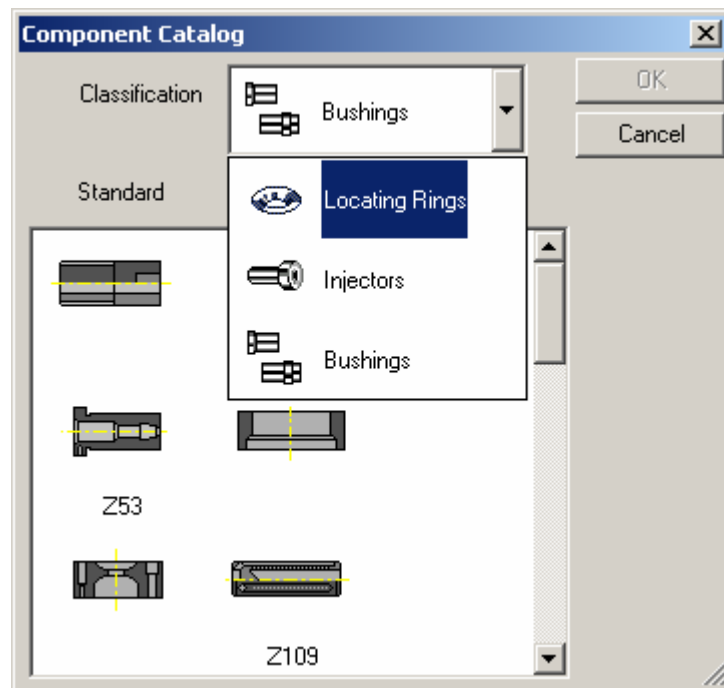
Obr. 61 Nabídka normalizovaných dílů

Rozkliknutím jednotlivých položek se nám zobrazí celá řada normalizovaných dílů jako např. šrouby nebo vstříkovací trysky (viz. Obr. 62).

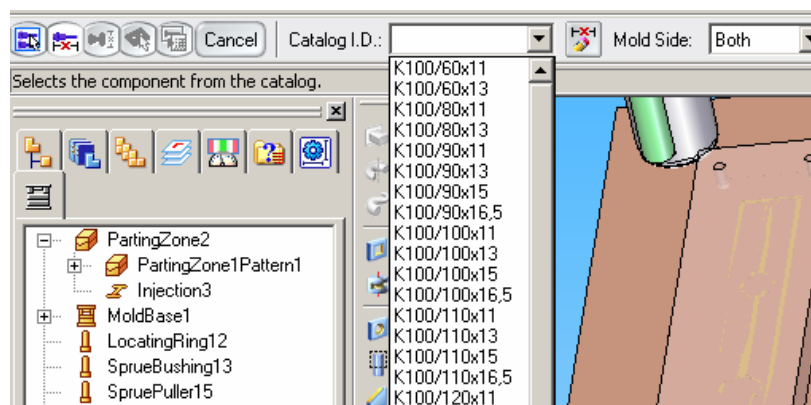


Obr. 62 Katalog HASCO šroubů

Pro vložení středícího kroužku využijeme položku Locating Rings (viz. Obr. 63)



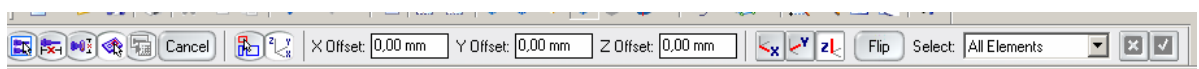
Obr. 63 Katalog dílů



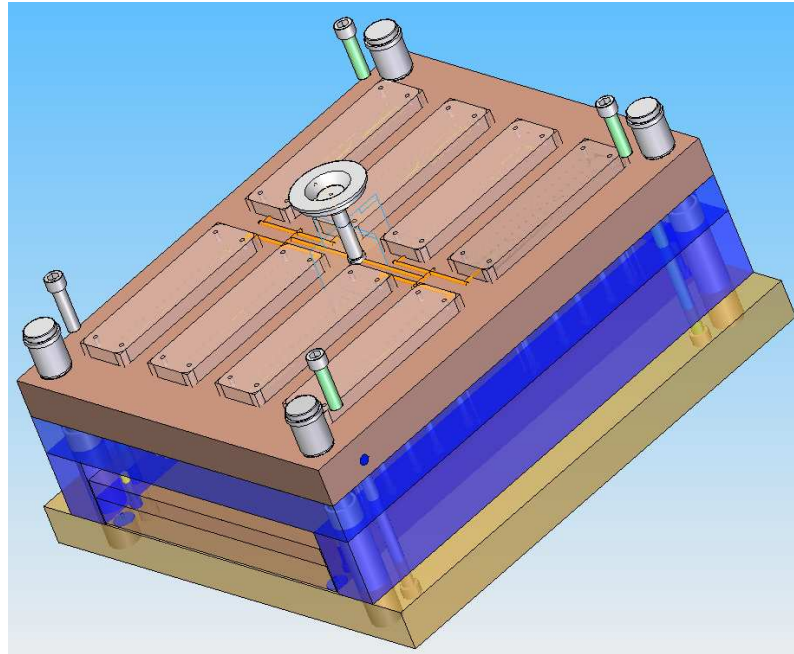
Obr. 64 Možnosti dílů – středící kroužky

Dostáváme celou řadu možných velikostí a průměrů (viz. Obr. 64).

Po výběru požadovaných parametrů se nám středící kroužek automaticky vloží do středu desky. Stejným způsobem postupujeme při vkládání vstřikovací trysky i vtokové vložky. Díly je možné posunovat nebo otáčet pomocí příkazů na liště (viz. Obr. 65).



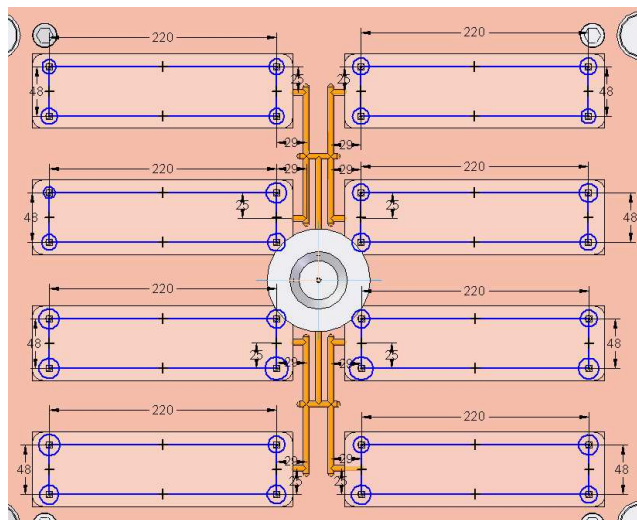
Obr. 65 Možnosti lokace



Obr. 66 Forma po vložení středícího kroužku, vstřikovací trysky a vtokové vložky

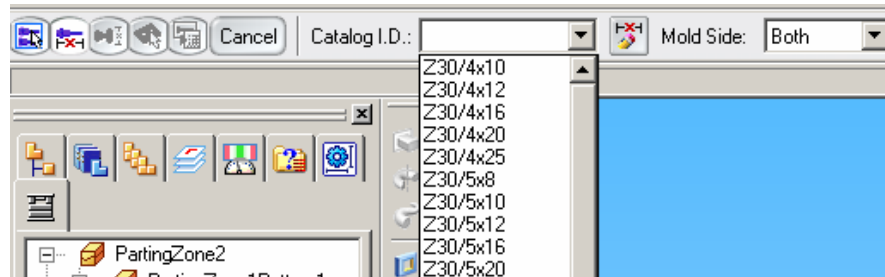
4.6 Sešroubování a vložení vyhazovačů

Nyní sešroubojeme tvarové vložky s tvarovými deskami. K tomu je nutné vytvořit skicu na povrchu tvarové desky (viz. Obr. 67). Skica bude obsahovat obdélníky s kruhy v každém z rohů, podle nichž se pak rozmístí šrouby.



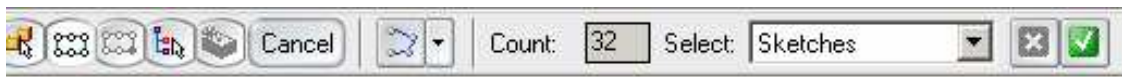
Obr. 67 Skica pro rozložení šroubů

Po vrácení do roviny modelování si zvolíme příkaz Place Mold Component (viz. Obr. 60) a z nabídky normalizovaných dílů vybereme položku Screws (šrouby). Podle rozměrů desek a vložek označíme v pracovní liště správnou velikost šroubů (viz. Obr. 68).

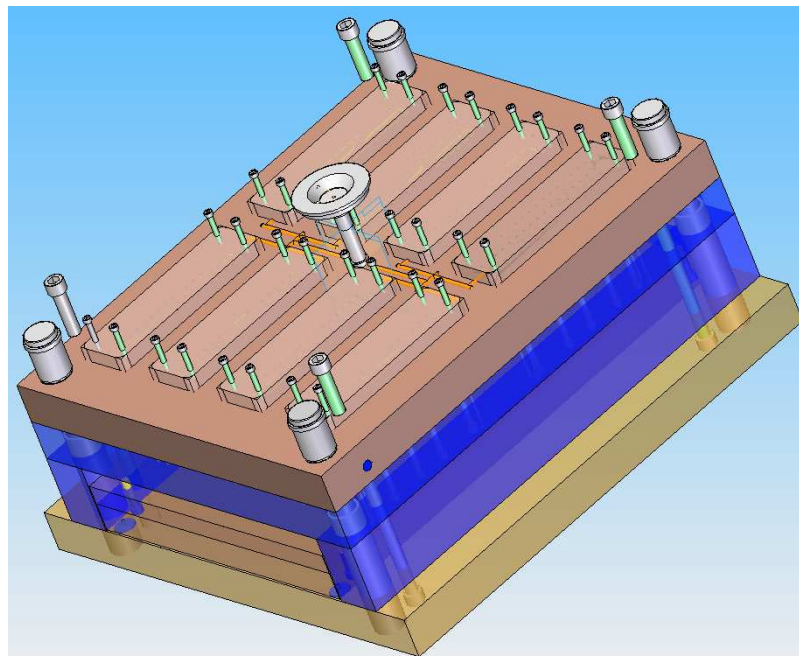


Obr. 68 Možnosti dílů – šrouby

Pro rozmístění šroubů podle skici vybereme v pracovní liště následující možnosti (viz. Obr. 69). Dojde k automatickému rozmístění šroubů (viz. Obr. 70). Opět musíme upravit souřadnice v ose z, aby se šrouby správně zapustily.



Obr. 69 Možnosti uspořádání šroubů



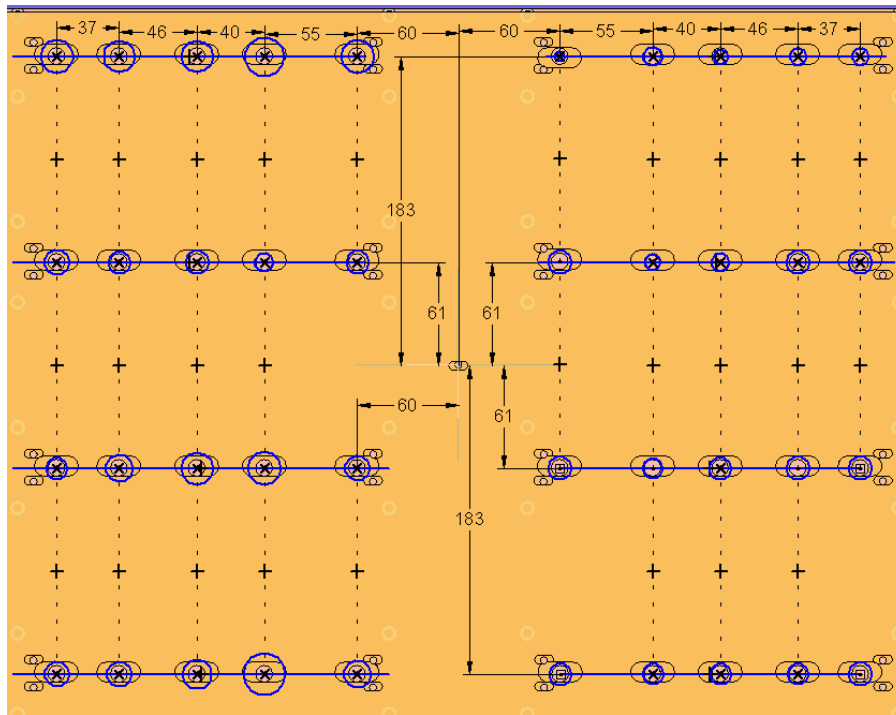
Obr. 70 Sešroubování, deska – vložka

Stejný postup volíme pro sešroubování z druhé strany, jen při umístění šroubů využijeme příkaz Flip, který nám otočí šrouby v ose z o 180° (viz. Obr. 71).



Obr. 71 Otočení šroubů

Dalším krokem bude umístění vyhadzovačů. Na kotevní desku nakreslíme a zakótujeme skicu jejich rozmístění (viz. Obr. 72).



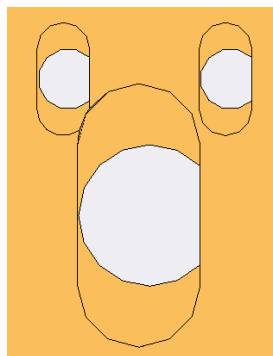
Obr. 72 Skica rozmístění vyhadzovačů

Vyhadzovače program vkládá obdobně jako šrouby, navolíme si druh a rozměry a podle skici je program rozmístí. Jelikož pro náš dílec potřebujeme více druhů vyhadzovačů, musíme celý postup opakovat ještě jednou.

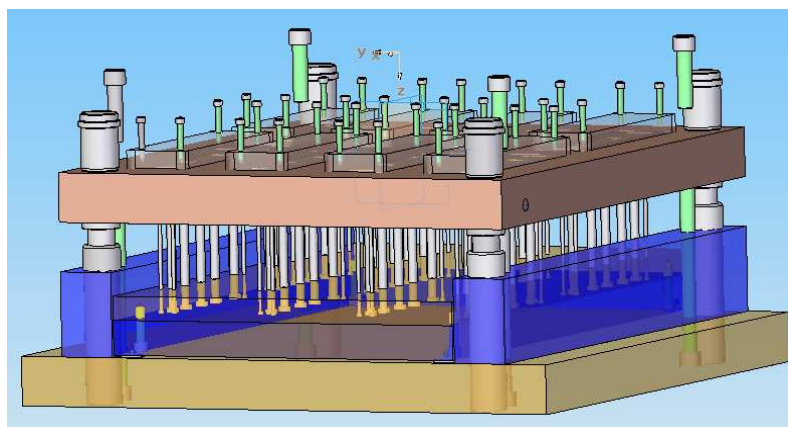
Při vkládání vyhadzovačů můžeme zároveň automaticky vytvořit i zámky vyhadzovačů, které zabraňují jejich pootočení, pomocí zvýrazněné funkce na příkazovém řádku (viz. Obr. 73).



Obr. 73 Funkce zámku vyhadzovače



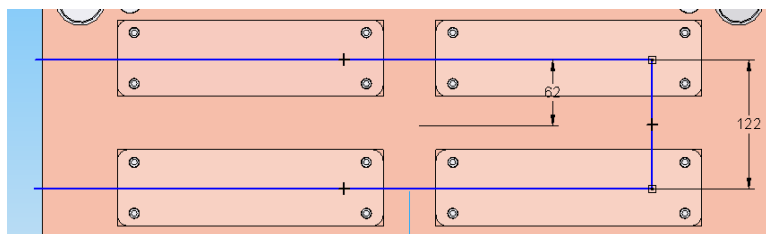
Obr. 74 Zámky vyhazovačů



Obr. 75 Forma po vložení vyhazovačů

4.7 Chlazení formy

Abychom mohli vytvořit chlazení formy, musíme nakreslit skicu do roviny procházející tvarovou deskou v požadované výšce (viz. Obr.76), využijeme k tomu rovnoběžnou rovinu (viz. Obr. 12).



Obr. 76 Skica chlazení

Nyní můžeme vytvořit chlazení formy pomocí příkazu Cooling Circuit (chladičí okruh) (viz. Obr. 77)



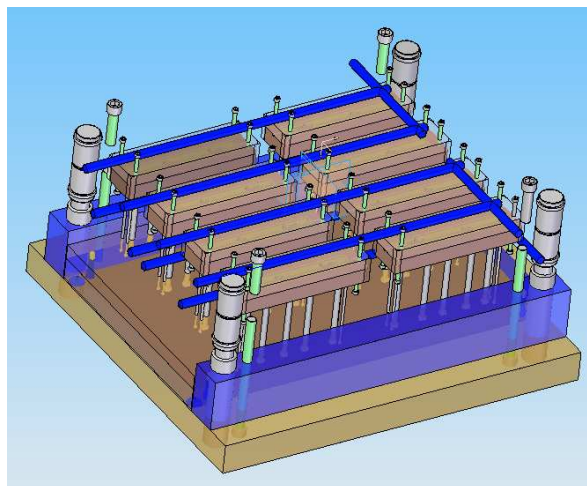
Obr. 77 Panel nástrojů Mold Tooling

Příkazový řádek nám opět nabídne několik možností, jak by mohl chladicí okruh vypadat (viz. Obr. 78). Například průměr díry nebo způsob zakončení díry.

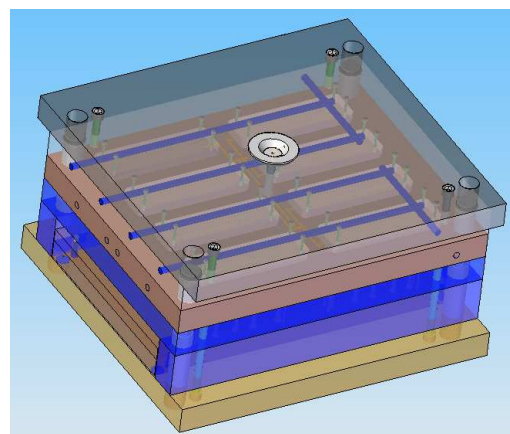
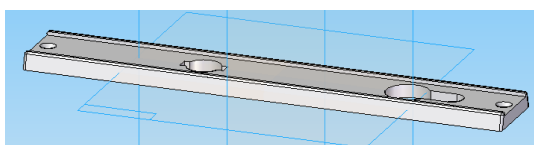


Obr. 78 Možnosti chladicího okruhu

Chladicí okruh umístíme jak do horní, tak i do spodní tvarové desky s ohledem na vyhazovače.



Obr. 79 Chladicí okruh formy



Obr. 80 Zadaný plastový dílec a výsledná forma

ZÁVĚR

V teoretické části mé bakalářské práce jsem popsal postupy, zásady a metody vstřikování polymerního materiálu. Tyto poznatky jsem využil v praktické části při navrhování formy. Při popisování jednotlivých kroků, ať už kreslení nebo modelování, jsem záměrně vynechal příkazy, které se stále opakovaly, pro celé zjednodušení. Celá sestava desek formy, vytvořená v zadaném programu je součástí přiloženého CD. Nebyly zde popsány ani veškeré funkce softwaru Solid Edge, jako třeba celkové nastavení nebo možnosti výkresové dokumentace vyjímaje přílohy PI, která je vytvořena v modulu výkres.

Pro rychlou a tedy i časově úspornou práci s programem Solid Edge je nutné využít kvalitní výpočetní techniku s důrazem na grafické parametry. Nicméně i tak je práce vůči jiným modelovacím systémům rychlejší.

Bezesporu jeho velikou výhodou je provázanost všech částí, takže můžeme prakticky kdykoli změnit třeba okótování dílce a dojde přepočítání celé formy. Program je, ať co se týče jednoduchosti ovládání, tak i bezpočtem funkcí, výborný pro konstruktéra forem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol.: *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*, Brno, UNIPLAST 1999
- [2] HAWLEY, M. *Tutorial on polymer composite molding*, (HTML dokument). Intelligent systems laboratory, Michigan state university, 1999, dostupný z : <isl-notes.cps.msu.edu>
- [3] TOMIS, F.: *Gumárenská a plastikářská technologie, zpracovatelské procesy*, Brno, VUT 1987, ISBN 55-552-87
- [4] TOMIS, F., RULÍK, F.: *Gumárenské a plastikářské stroje II*, Praha , SNTL 1981
- [5] MLEZIVA, J.: *Úvod do makromolekulární chemie*, Pardubice 1978, VŠCHT 55-705-78
- [6] LUKOVICS, I.: *Konstrukční materiály a technologie*, Brno, VUT 1992, ISBN 80-214-0399-3
- [7] ZÁMORSKÝ, Z.: *Nauka o polymerech*, VUT v Brně 1980.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
PS	Polystyren
SAN	Styren – akrylonitril
ABS	Akrylonitril – butadien - styren
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymetylen
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
P	Tlak [MPa]
V	Objem [m ³]
T	Teplota [°C]
Tg	teplota skelného přechodu [°C]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Vstřikovací cyklus	12
Obr. 2	Stavová změna systému PVT	14
Obr. 3	Závislost měrného objemu na teplotě a tlaku pro amorfní a semikrystalické polymery	14
Obr. 4	Vstřikovací stroj	16
Obr. 5	Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu formy	18
Obr. 6	Obecné zásady volby vtokového systému	20
Obr. 7	Průřezy vtokových kanálů	21
Obr. 8	Základní typy vtokových ústí	22
Obr. 9	Fotka dílce	26
Obr. 10	Možnosti konstrukce	26
Obr. 11	Základní panel nástrojů pro modelování	26
Obr. 12	Možnosti rovin	27
Obr. 13	Základní panel nástrojů pro kreslení	27
Obr. 14	Zakótovaná skica	27
Obr. 15	Návrat do modelování	27
Obr. 16	Lišta vysunutí	28
Obr. 17	Strana vysunutí	28
Obr. 18	Dokončení vysunutí	28
Obr. 19	Základní panel nástrojů pro modelování	28
Obr. 20	Skica vyříznutí	29
Obr. 21	Skici vysunutí	29
Obr. 22	Základní panel nástrojů pro modelování	29
Obr. 23	Skica žebra	29
Obr. 24	Parametry vysunutí	30
Obr. 25	Zjednodušená skica	30
Obr. 26	Základní panel nástrojů pro modelování	30
Obr. 27	Skica pro díru	30
Obr. 28	Možnosti díry	31
Obr. 29	Základní panel nástrojů pro modelování	31
Obr. 30	Parametry zaoblení	31

Obr. 31	Konečná podoba dílce	32
Obr. 32	Editace prvků.....	32
Obr. 33	Možnosti konstrukce	33
Obr. 34	Panel nástroj Mold tooling	33
Obr. 35	Dialog pro název a vytvoření	33
Obr. 36	Pracovní okno po vložení součásti pro vstřikování.....	34
Obr. 37	Panel nástrojů Mold Tooling.....	34
Obr. 38	Možnosti zaformování.....	34
Obr. 39	Možnosti dělicí roviny.....	34
Obr. 40	Dílec ve tvarových vložkách	35
Obr. 41	Panel nástrojů Mold tooling	35
Obr. 42	Možnosti pole.....	35
Obr. 43	Dokončené pole.....	35
Obr. 44	Vložky ve tvarových deskách.....	36
Obr. 45	Panel nástrojů Mold Tooling.....	36
Obr. 46	Možnosti norem.....	36
Obr. 47	Druhy forem	37
Obr. 48	Sestavená forma bez základních komponentů formy.....	38
Obr. 49	Panel nástrojů Mold Tooling.....	38
Obr. 50	Výběr rozměru vodících čepů	39
Obr. 51	Forma po vložení vedení	39
Obr. 52	Možnosti složek	40
Obr. 53	Skica pro rozvod tekutého plastu	41
Obr. 54	Panel nástrojů Mold Tooling.....	41
Obr. 55	Možnosti tokových kanálek	41
Obr. 56	Možnosti tokových kanálek	41
Obr. 57	Tokové cesty.....	42
Obr. 58	Lišta s nástroji pro definování zaústění vtoku.....	42
Obr. 59	Možnosti zaústění vtoku	42
Obr. 60	Panel nástrojů Mold Tooling.....	43
Obr. 61	Nabídka normalizovaných dílů	43
Obr. 62	Katalog HASCO šroubů.....	43
Obr. 63	Katalog dílů	44

Obr. 64	Možnosti dílů – středící kroužky.....	44
Obr. 65	Možnosti lokace	44
Obr. 66	Forma po vložení středícího kroužku, vstříkovací trysky a vtokové vložky.....	45
Obr. 67	Skica pro rozložení šroubů.....	45
Obr. 68	Možnosti dílů – šrouby.....	46
Obr. 69	Možnosti uspořádání šroubů	46
Obr. 70	Sešroubování, deska – vložka	46
Obr. 71	Otočení šroubů	47
Obr. 72	Skica rozmístění vyhazovačů	47
Obr. 73	Funkce zámku vyhazovače.....	47
Obr. 74	Zámky vyhazovačů.....	48
Obr. 75	Forma po vložení vyhazovačů.....	48
Obr. 76	Skica chlazení.....	48
Obr. 77	Panel nástrojů Mold Tooling.....	49
Obr. 78	Možnosti chladícího okruhu.....	49
Obr. 79	Chladící okruh formy	49
Obr. 80	Zadaný plastový dílec a výsledná forma.....	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Vlastnosti a využití plastů vhodných ke vstřikování	11
Tab. 2. Nabídka sestavy desek forem	37

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkres - Kryt zámku dveří